

分布式驱动电动汽车关键技术及产业化展望

王震坡¹, 陈辛波², 张雷¹, 罗建³, 赵万忠⁴, 熊璐²

1. 北京理工大学机械与车辆学院, 北京 100081

2. 同济大学汽车学院, 上海 201804

3. 上海大学机电工程与自动化学院, 上海 200444

4. 南京航空航天大学能源与动力学院, 南京 210016

编者按 中国科协第390次青年科学家论坛——分布式驱动电动汽车关键技术与产业化前景于2019年11月29—30日在北京举行。此次论坛由中国机械工程学会承办,《机械工程学报》编辑部JME学院和北京理工大学电动车辆国家工程实验室协办。本文为论坛主席及5位执行主席根据研讨情况,对分布式驱动电动汽车关键技术及产业化趋势和方向进行的预判。

发展以电动汽车为代表的新能源汽车是实现节能减排和污染防治的重要举措,已成为世界各国的普遍共识。英国、法国、荷兰等主要发达国家相继出台了各自的传统燃油汽车禁售时间表,同时推出了多项新能源汽车优惠补贴政策,促进新能源汽车的推广应用。国务院印发的《节能与新能源汽车产业发展规划(2012—2020)》和《新能源汽车产业发展规划(2021—2035)(征求意见稿)》也明确指出,加快培育和发展新能源汽车,是有效缓解能源与环境压力,推动汽车产业可持续发展的紧迫任务。分布式驱动电动汽车是新能源汽车的重要发展方向,通过将轮毂/轮边电机安装在轮辋内部或附近,具有车身布置灵活、结构紧凑,易于实现底盘

模块化设计等优点;同时各轮驱动/制动转矩独立可控,具备高机动性和高可靠性,更易实现车辆主动控制。因此,分布式驱动电动汽车是未来智能网联汽车的理想载体。但其相关技术目前仍处于实验室研究阶段,存在如下亟待突破的技术难点。

1) 全新构型分布式驱动底盘及适应性悬架系统。轮毂电机安装于轮辋内部,显著增加了整车非簧载质量,降低了汽车的平顺性和乘坐舒适性。为适应分布式驱动高机动性和高可靠性需求,充分利用悬架系统抑制轮毂/轮边驱动系统簧下的质量负效应,降低非簧载质量对整车操控性、稳定性与舒适性的影响,需开发能够适配线控驱动、线控转向、线控制动等线控子系统的全新构型分布式驱动底

收稿日期:2020-03-30;修回日期:2020-04-07

作者简介:王震坡,教授,研究方向为电动汽车系统集成理论与技术、电动汽车动力电池成组理论与技术、充电站设计集成理论与关键技术,电子邮箱:wangzhenpo@bit.edu.cn

引用格式:王震坡,陈辛波,张雷,等. 分布式驱动电动汽车关键技术及产业化展望[J]. 科技导报, 2020, 38(8): 99-100; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.08.011

盘及适应性悬架系统。此外,集成悬架的一体化轮边驱动系统也是解决工程实际问题的有效尝试。

2) 高效、高转矩密度、高可靠性轮毂/轮边驱动系统。由于轮毂/轮边驱动电机的布置空间有限且工作条件恶劣,为提升车辆主动控制性能及在复杂运行工况下的可靠性,需探索电机、电机控制器与制动系统等一体化集成设计方法以及高效、高精度电机转矩控制方法,研发具备高效率、高转矩密度和高可靠性的轮毂/轮边电机系统。具体来说,轮边/轮毂电机系统设计涉及机、电、液、热等多个领域,运行环境与工况复杂。为追求转矩密度,一方面须提升电机转速,匹配减速系统,解决高速电机与传动问题;另一方面,从电磁感应基本原理出发,通过多物理场仿真,探索电机结构形式和工艺方法创新,提升转矩密度,开发用于直驱的大扭矩电机。

3) 高效、高安全性整车控制技术。分布式驱动电动汽车是典型的有约束、过驱动、静不定系统,其各方向运动状态和轮胎作用力具有非线性、强耦合等特点。轮胎纵向-侧向-垂向力学状态是质心侧偏角、横摆角速度等状态及路面附着系数等参数的非线性函数,各方向作用力存在复杂的耦合关系。因此,如何充分利用轮毂/轮边电机反馈信息(如转矩和转速),提高在复杂多变工况下车辆关键状态/参数估计的精度和鲁棒性是一个亟待解决的问题。在车辆主动安全控制方面,分布式驱动电动汽车可以在电机输出能力范围内精确、快速地实现单个车轮驱/制动力矩控制、轴间和轮间转矩分配,实现全轮制动能量回收、驱动防滑、主动转向与直接横摆力矩控制等主动控制策略,有效提升车辆的经济性和安全性。因此,研发高效、高可靠性整车

控制技术对发挥分布式驱动电动汽车性能优势至关重要。

4) 线控底盘协同控制技术。全线控底盘是分布式驱动电动汽车的重要技术发展方向,其采用线控驱动、线控制动与线控转向的一体化设计为车辆底盘集成控制提供了高控制自由度。但由于全线控底盘各子系统间相互耦合、相互影响,如何结合车辆非线性动力学机理,实现底盘子系统间的解耦控制已成为线控底盘控制的关键。同时,还需要考虑耦合系统时变、扰动等不确定因素以及传感器失效对系统鲁棒性和完整性的影响,处理传感器等关键部件容错控制间的优先级及协调关系,实现全线控底盘的协同控制,提高系统可靠性。

目前,轮毂/轮毂电驱动系统及分布式驱动电动汽车尚未实现大规模量产,结合分布式驱动系统特点和现有技术现状,轮边电机驱动系统可能率先在低地板电动公交车、电动载重货车上实现批量应用;而随着轮毂电驱动系统技术的日臻成熟和成本的日益降低,轮毂电机驱动系统将初步从高性能、高机动性越野车辆及豪华乘用车产业化应用过渡到常规乘用车批量应用。

综上所述,充分发挥分布式驱动电动汽车空间布置灵活、控制参数多等优势,研究高效、高可靠性线控底盘协同控制技术,研发全新构型分布式驱动底盘和适应性悬架系统以及高效、高转矩密度轮毂/轮边驱动系统,突破复杂工况条件下的高精度、高鲁棒性状态/参数估计和高效、高安全性整车主动安全控制技术是推动分布式驱动电动汽车技术进步和实现产业化推广的重要技术发展方向。

(责任编辑 刘志远)